青海乌兰县托莫尔日特金矿区稳定同位素特征及其地质意义

张拴宏,周显强,田晓娟,宋友贵 (中国地质科学院地质力学研究所,北京 100081)

[摘 要]根据矿石及岩石 S、H、O、Sr 同位素组成,对青海省乌兰县托莫尔日特地区金矿床成矿物质 来源及其成因进行了研究。结果表明,赋矿花岗质岩石(主要为斜长花岗岩和闪长岩)是深源成因的(幔 源或壳幔混合型),成矿物质主要来源于深部,而成矿热液主要来自周围的深源花岗质岩石,其性质为混 合热液(来源于岩浆热液 + 大气降水),特别是在近地表处,有更多的大气降水参与了成矿。矿区内部分 矿带的赋矿层位虽有所不同,但它们的稳定同位素特征却很相似,表明它们具有相同或相似的成因及成 矿物质来源。

[关键词]成矿物质来源 稳定同位素 成矿预测 金矿床 东昆仑 [中图分类号]P618.51;P597 [文献标识码]A [文章编号]0495 - 5331(2001)05 - 0010 - 05

1 矿区地质概况

托莫尔日特金矿区位于柴达木盆地东北缘,哇 洪山断裂北中段西侧,区内地层出露较为齐全,岩浆 活动频繁,断裂构造发育,具有较好的成矿地质构造 条件(图 1)。

1995年青海省第六地质队在本区首次发现金 矿床,并投入开采,规模逐渐扩大。到目前为止,已 在赛坝沟、乌达热乎发现了小型金矿床,在石棉沟、 嘎顺东部地区发现多处金(铜)矿点。

矿区内出露的地层主要是滩间山群及少量第四 系。滩间山群为一套绿片岩相(局部为角闪岩相)的 变质岩,其岩性主要为变质凝灰岩、安山岩、绿片岩、 斜长角闪片岩,局部夹有大理岩、云母石英片岩等, 在矿区西部广泛分布。第四系主要分布于沟谷地 区,以冲积和洪积砂砾及风积粘土为主。在矿区外 围存在着少量下元古界达肯大坂群片麻岩。

矿区岩浆活动频繁,以加里东期及印支期为主, 岩浆岩在矿区广泛分布。岩石类型从超基性—酸性 均有出露,但以中酸性侵入岩为主。加里东期侵入 岩主要有蛇纹石化橄榄岩、细粒辉长岩、粗粒辉石 岩、中粗粒斜长花岗岩、细粒石英闪长岩、中细粒英 云闪长岩等,其中中粗粒斜长花岗岩是赛坝沟地区 金矿床的主要围岩,细粒石英闪长岩和中细粒英云 闪长岩在局部地区也是较重要的赋矿围岩;华力西 期侵入岩在矿区出露很少,矿区外围出露较多,主要 为中细粒花岗闪长岩、中粗粒花岗闪长岩、中细粒黑 云母二长花岗岩、(似斑状)中粗粒黑云母二长花岗 岩等;印支期侵入岩有中细粒二长花岗岩、中粗粒二 长花岗岩、中粗粒(似斑状)钾长花岗岩等。另外区 内还分布有大量的基性 — 酸性岩脉,基性岩脉主要 是辉绿岩脉;中性岩脉主要有闪长岩脉、闪长玢岩脉 等;酸性岩脉主要有花岗细晶岩脉、花岗伟晶岩脉、 花岗闪长斑岩脉、二长花岗岩脉、二长花岗斑岩脉、 斜长花岗岩脉、斜长花岗斑岩脉、钾长花岗岩脉、钾 长花岗斑岩脉等。

矿区构造以断裂为主,在矿区及其外围断裂构 造均十分发育。断裂构造中以 NW - NWW 向最为 发育,形成较早,演化复杂,该组断裂倾向 NE -NNE,倾角较大,断裂面呈舒缓波状平行分布,结构 面力学性质为压性、压剪性,区内的主要矿体、矿点 及矿化点多与该断裂带有关,并严格受其控制,是区 内最主要的控矿赋矿构造。其次为 SN 向、NE 向断 裂,形成较晚,以平移断层为主。该组断裂带内无矿 化,常对 NW - NWW 向断裂和矿体起破坏作用。

矿床以石英脉型为主,构造蚀变糜棱岩型次之。 矿体呈脉状、透镜状存在于 NW - NWW 向断裂带 内,具有一定的斜列性。

2 稳定同位素特征与成矿物质来源

2.1 硫同位素

由于黄铁矿是本区最主要的载金矿物,其形成与 金有密切的关系,因此选择了部分矿石和少量不含矿 岩石(脉)进行了 S 同位素测试,测试结果见表1。

[[]收稿日期]2000 - 07 - 14;[修订日期]2001 - 03 - 12;[责任编辑]曲丽莉。

[[]基金项目]原地质矿产部定向科研项目(地科定97-22)部分成果。

青海省地质矿产勘查研究院区调三室.1:5万托莫尔日特幅(J47E020010)区域地质调查说明书,1998。



图 1 托莫尔日特金矿区及其外围地质略图 (据 1 5 万地质图及矿区地质图编制)

片麻岩组:T₃W-晚三叠世中粗粒(似斑状)钾长花岗岩:T₃G-晚三叠世中粗粒二长花岗岩:T₃C-晚三叠世中细粒二长花岗岩: C2T—晚石炭世似斑状中粗粒黑云母二长花岗岩;C2Hd—晚石炭世中粗粒黑云母二长花岗岩;C2Xy—晚石炭世中细粒黑云母二长花 岗岩;C₂H—晚石炭世中粗粒花岗闪长岩;C₂X—晚石炭世中细粒花岗闪长岩;S₃S—晚志留世中细粒英云闪长岩;S₃D—晚志留世细 粒石英闪长岩 ;O₃ —晚奥陶世中粗粒斜长花岗岩 ; O₃ —晚奥陶世细粒辉长岩 ;O₃ —晚奥陶世超铁镁质岩 ;1 —地层界线及不整合

序号	样品编号	采样地点	岩性	测试 对象	³⁴ S (%)	备注
1	980712 - 2B	嘎顺 号带	石英脉	黄铁矿	1.6	矿石
2	980716 - 7B	嘎顺 号带	石英脉	黄铁矿	1.9	铜金 矿化
3	乌达热乎	乌达热乎 东深沟	闪长岩	黄铁矿	3.7	不含矿
4	980902 - 3B	赛坝沟 东山脊	石英脉	黄铁矿	4.0	不含矿
5	99704 - 4	乌达热乎 号带	石英脉	黄铁矿	3.4	矿石
6	99704 - 5	乌达热乎 号带采矿平硐	石英脉	黄铁矿	1.3	矿石
7	99707 - 2	号带采矿 平硐东部沿脉	石英脉	黄铁矿	0.5	矿石
4 5 6 7	980902 - 3B 99704 - 4 99704 - 5 99707 - 2	赛山脊 东山脊 乌达热带 乌达热平 号带平平硐 号带采矿平硐 号带采沿脉	石英脉 石英脉 石英脉 石英脉 石英脉	黄铁矿 黄铁矿 黄铁矿 黄铁矿 黄铁矿	4.0 3.4 1.3 0.5	不含 矿石 矿石 矿石

表1 托莫尔日特金矿区硫同位素测试结果

品);中国地质科学院矿床地质研究所稳定同位素地质实 验室(5~7号样品)。

从硫同位素测试结果(表 1)可以看出,不同矿 带矿石黄铁矿硫同位素组成变化范围很窄, ³⁴ S 为 0.5 ‰~ 3.4 ‰,极差为 2.9 ‰ 围岩及不含矿石 英脉 ³⁴ S 偏高,为 3.7 ‰~ 4.0 ‰,在硫同位素组 成直方图上(图 2), ³⁴ S 主要落在 1.0 ‰~ 2.0 ‰ 之间,表明本区硫同位素均一化程度较高,具岩浆硫 的特征,硫同位素组成与陨石硫接近,反映以深源硫 为主。矿石黄铁矿 ³⁴ S 组成与由地幔衍生的花岗 质岩石中硫化物 ³⁴ S 值接近(一般认为在 - 3.0 ‰ ~ +8.0 %之间^[1]),表明本区硫化物来源与地幔衍



图 2 硫同位素组成直方图解

1-岩石或无矿石英脉;2-矿石

生的深源花岗质岩石密切相关。

2.2 氢、氧同位素

氧同位素样品主要取自矿脉、围岩及与成矿可

青海省地质矿产勘查研究院区调三室.1 5 万托莫尔日特幅(J47E020010)地质图,1998。 青海省第六地质队.青海省乌兰县赛坝沟普查区地质图(1 1 万),1998。

能有关系的岩脉;氢同位素主要取自石英脉矿石,进 行了包裹体水氢同位素组成测试,测试结果分别见 表 2 和表 3。

表 2 矿石石英包裹体水氢同位素测试结果

编号	产地及岩性	D _{H,0} (%)					
99H-1	嘎顺 号带含铜金石英脉	- 93.6					
99H-2	乌达热乎 号带下部平硐矿石	- 99.6					
99H-3	号带平硐矿石	- 104.6					
99H-4	号带地表矿石	- 117.5					
99707 - 3	- 2 矿体地表矿石	- 137.5					

注:石英爆裂取水温度区间为100 ~500 ; 测试单位:中国科学院地质研究所成矿流体实验室 谢奕汉。

从表 2 可以看出,矿石石英包裹体水氢同位素 组成比较稳定,为-93.6‰~-137.5‰,反映成矿 热液具混合水性质(来源于岩浆岩的热液加大气降 水)。对同一地区相邻成矿带,愈靠浅部矿石石英包 裹体水 D_{H2}o(%)值愈低,反映靠近地表有更多的 大气降水参与了成矿作用。

从表 3 可以看出,花岗质岩石(不包括闪长玢岩脉)全岩氧同位素组成稳定,为 6.5 ‰~ 7.8 ‰,反映 它们具有相同或相似的成因,主要为 M 型花岗岩, 其形成与正常玄武岩浆分异作用有关^[2],其母质是 地幔物质衍生的。由石英氧同位素计算出的成矿流 体 ¹⁸ O_{H2}O为 - 1.46 ‰~ + 3.84 ‰,也反映成矿热 液具混合水性质。

2.3 铅同位素

铅同位素样品分别取自矿脉、矿石及其周围的 岩体或岩脉,共选取了10件样品,进行了铅同位素 测试,测试结果如表4所示。

表 3 矿石及岩石氧同位素测试结果

		<u>ш</u>	¹⁸ O _S	_{40w} (%)	泪斑()	¹⁸ Ou a	友注	
编专	产地	石性	石英	全岩	温度()	0 _{H2} 0		
980716 - 7A	嘎顺 号脉	含铜石英脉	10.8	-	284	+ 3.31		
s	赛坝沟 号脉	石英脉矿石	10.6	-	272	+2.63		
G	嘎顺 号带	石英脉矿石	11.9	-	270	+ 3.84		
980831 - 2	赛坝沟 号脉	石英脉矿石	9.5	-	212	- 1.46		
980902 - 3A	堆浸厂 SE 山脊	含铜石英脉	11.4	-	373	+ 6.70	无矿	
980727 - 6	乌达热乎	钾长花岗岩	10.3	-	376	+5.68		
980710 - 2	嘎顺	闪长玢岩脉	-	8.9	-	-		
980717 - 6	嘎顺 号带	绿片岩	-	6.9	-	-		
980726 - 2	赛坝沟	绿泥石化闪长岩	-	7.8	-	-		
980726 - 3	赛坝沟	花岗闪长岩	-	6.5	-	-	围岩	
980726 - 4	赛坝沟	斜长花岗岩	-	7.5	-	-	围岩	
980906 - 1	赛坝沟	蚀变花岗岩	-	7.6	-	-		

注:1)测试单位;中国地质科学院矿床地质研究所稳定同位素地质实验室;

2) 石英包裹体水氧同位素计算公式为: (Clayton R N,1972); 1000 ln X_{Q-H_0} ^{= 18} O_Q - ¹⁸ O_{H_0} = 3.38 ×10⁶ × T⁻²3.40 (500 > T > 200 , T为绝对温度)

3)温度根据均一法和爆裂法测温资料估算而来。

表 4 托莫尔日特地区矿石岩石铅同位素组成一览表

÷ -	+++ 口 / 四日			铅同位素组成		铅同位素组成		源区特征参数				
序亏	件品编号	取件地点	石性	测试对象	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	(Ma)	μ			
1	G	嘎顺 号带	石英脉矿石	黄铁矿	18.3891	15.6079	38.3343	185	9.37	0.068	37.57	3.88
2	嘎顺 TC - 2	嘎顺 号带	含铜金石英脉	黄铁矿	17.9863	15.4927	37.9740	341	9.30	0.067	37.27	3.88
3	980717 - 6	嘎顺 号带	含铜金石英脉	黄铁矿	18.2762	15.6574	38.4679	310	9.55	0.069	39.16	3.97
4	980710 - 2	嘎顺	闪长玢岩脉	全岩	18.5863	15.4509	38.5906	- 160	9.16	0.066	36.04	3.80
6	980727 - 6	乌达热乎	钾长花岗岩	钾长石	19.0978	15.6013	39.0153	- 345	9.41	0.068	36.42	3.74
7	980831 - 2	赛坝沟	号带矿石	黄铁矿	17.7806	15.4297	37.7349	310	9.03	0.065	35.97	3.85
8	980726 - 2	赛坝沟	绿泥石化闪长岩	全岩	18.6870	15.6618	38.9657	47.5	9.56	0.069	39.12	3.96
9	980726 - 3	赛坝沟	花岗闪长岩	全岩	18.3864	15.6316	38.3044	235	9.55	0.069	37.84	3.83
10	980726 - 4	赛坝沟	斜长花岗岩	全岩	18.4904	15.7055	38.7567	235	9.66	0.069	39.78	3.99
11	980906 - 1	赛坝沟	蚀变花岗岩	全岩	18.3864	15.6316	38.3044	235	9.55	0.069	37.84	3.83

测试单位:中国地质科学院地质力学研究所,许书火;各参数意义: µ = ²³⁸U/ ²⁰⁴Pb; = ²³⁵U/ ²⁰⁴Pb; = ²³²Th/ ²⁰⁴Pb; = Th/ U。

从表 4 可以看出,除个别样品外,本区矿石铅和 岩石铅同位素组成变化均不大。矿石铅²⁰⁶ Pb/²⁰⁴ Pb 变化范围 17.7806~18.3891,离差为 0.6085;²⁰⁷ Pb/²⁰⁴ Pb 变化范围 15.4297~15.6574,离差为 0. 2277;²⁰⁸ Pb/²⁰⁴ Pb 变化范围 37.7349~38.4679,离 差为0.733。岩石铅²⁰⁶ Pb/²⁰⁴ Pb 变化范围 18.3684~ 19.0978,离差为 0.7114;²⁰⁷ Pb/²⁰⁴ Pb 变化范围 15.4509~15.7055,离差为 0.2546;²⁰⁸ Pb/²⁰⁴ Pb 变 化范围 38.3044~39.0153,离差为 0.7109。反映 区内铅同位素均一性较好。

将区内铅同位素组成投影到²⁰⁷ Pb/²⁰⁴ Pb~²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb 坐标图上,8 件样品(包括了全部矿石样品和4 件岩石样品)落在铅增长曲线与零等时线构成的半 月形范围之内,2 件样品(全为岩石样品)落在该范 围之外(图3),表明本区铅同位素组成具以正常铅 为主。

从铅同位素源区特征参数可以看出,无论是岩 石铅还是矿石铅,其 μ 值均相对集中,表明本区铅

12

7

源相对单一。不同矿带、不同围岩性质的矿石 µ 值 相似,说明这些矿带铅源区相同或相似,具有相同或 相似的成矿物质来源及成因。



图 3 赛坝沟地区铅同位素组成图解

通常认为,µ 值低于 9.74(据J S Staecy 和J D Kramers) 或低于 9.58(据 B R Doe)的铅来自下地壳 或上地幔^[3],除样品 980726 - 4 外,本区矿石铅和 岩石铅 µ 值均小于此值,说明本区铅来源主要是下 地壳或上地幔,为深源性质铅。另外从本区铅同位 素²⁰⁷ Pb/²⁰⁴ Pb —²⁰⁶ Pb/²⁰⁴ Pb 环境图解来看(图 4),岩 石铅绝大部分落在上地幔与造山带演化线周围,为 幔源同熔花岗岩铅同位素组成范围。矿石铅组成与 花岗岩类似,也主要落在上地幔与造山带演化线周围,个别落在上地壳演化线附近。这也表明本区矿 石铅的主要来源与深源花岗质岩石一致,但可能有 少量壳源铅混入。



图 4 铅同位素²⁰⁷ Pb/²⁰⁴ Pb~²⁰⁶ Pb/²⁰⁴ Pb 环境图

将本区矿石和岩石铅同位素组成数据及特征参数分别取平均值后与地球不同构造环境铅同位素组成及特征参数进行对比(表 5),可以看出本区矿石和岩石铅同位素组成与地幔和造山带相近,从而认为本区铅主要来自幔源物质及幔源物质与造山带的混合。

2.4 锶同位素

7

赋矿斜长花岗岩锶同位素组成 87 Sr/ 86 Sr = 0.706

~0.708,平均值为0.7067,属低 Sr 或中等 Sr 花岗岩,一般认为是幔源、壳幔混熔或下地壳物质部分熔融所形成^[5]。

表 5 本区及地球不同构造环境铅同位素组成对比

Ð	、 境	²⁰⁶ Pb ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb ²⁰⁴ Pb	$\frac{238}{204}$ Pb	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{204}\text{Pb}}$
地幔		18.10	15.42	37.70	8.92	3.57	31.8
造山带		18.86	15.62	38.83	10.87	3.64	-
上部地壳		19.33	15.73	39.08	12.24	3.42	41.8
下部地壳		17.27	15.29	8.57	5.89	5.98	35.2
本地区	矿石	18.10	15.55	38.13	9.31	3.90	37.49
	岩石	18.61	15.61	38.66	9.48	3.86	37.84
	平均	18.41	15.59	38.44	9.41	3.87	37.70
	+	D D	1 1000	++ 31 -5 - 1-		- [4]	

据 Doe, B R et al., 1977,转引自卢武长, 1985^[4]。

上述同位素分析资料表明,本区赋矿花岗质岩 石是深成的,成矿物质来源与深源花岗质岩石具有 明显的亲缘关系,成矿热液主要来自周围的岩浆岩 (斜长花岗岩和闪长岩)。矿区内部分矿带的赋矿层 位虽有所不同,但它们的稳定同位素特征却很相似, 表明它们具有共同的成因和相似的成矿物质来源。 另外在成矿过程中有一定量的大气降水加入,特别 是靠近地表处表现更为明显。

3 地质找矿意义分析

根据同位素分析结果,深源花岗质岩石是本区成 矿物质的主要来源,另外研究也表明(限于篇幅,在另 文详细论述),托莫尔日特地区金矿床是受 NW-NWW 向韧脆性剪切带控制的,因此韧脆性剪切带与 深源花岗质岩石的交汇部位应作为本区的找矿方向。 符合这一条件的夏日迪根西南、赛坝沟乌达热乎西南 地区(图 1),应作为本区找矿工作的重点,1999 年笔 者在夏日迪根西南发现的 Au 含量达 5.83 ×10⁻⁶、 0.55 ×10⁻⁶、0.25 ×10⁻⁶的样品就是对上述预测的有 力证实。

[参考文献]

- [1] 地质部宜昌地质矿产研究所.同位素地质的采样要求[M].北 京:地质出版社,1982.
- [2] 魏菊英,王关玉.同位素地球化学[M].北京:地质出版社, 1988.
- [3] 沈渭洲,黄耀生.稳定同位素地质[M].北京:原子能出版社, 1987.383~386.
- [4] 卢武长. 铅同位素在矿床地质学中的应用[M]. 见:矿床学参考
 书(上册).《矿床学参考书》编辑组编. 北京:地质出版社,1985.
 237~253.
- [5] 地质矿产部直属单位管理局.花岗岩类区15万区域地质填图 方法指南[M].武汉:中国地质大学出版社,1991.20~37.

青海省地质矿产勘查研究院区调三室.1 5 万托莫尔日特幅 (J47E020010)区域地质调查说明书,1998。

2001年

STABLE ISOTOPIC COMPOSITION AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE IN TOMORITE GOLD DEPOSIT, WULAN COUNTY, QINGHAI PROVINCE

ZHANG Shuan - hong, ZHOU Xian - qiang, TIAN Xiao - juan, SONG You - gui

Abstract : Tomorite gold deposit in Qinghai province is located in NW and NWW - trending ductile - brittle shear zones. Study on the isotopic compositions of S, H, O and Sr in ores and wallrocks shows that plagiogranite and diorite in the area are all deep genesis (derived from the mantle or from the manthe - crust mix). The ore - forming materials came mainly from deep source. The ore - forming fluids mainly came from the deep genetic granitoid in the area, and some meteoric water was added into them during mineralization. Though the ore hosted by is different country rocks, their isotopic compositions have no great difference. The results show that ore belt in the area has same or similar genesis. The superposition localities of the ductile - brittle shear zones and deep genetic granitoid are the best positions for mineralization in the area. On the basis of the study, two positions for ore prospecting are given in this paper, and one of them has been proved by the field works in 1999.

Key words: source of ore - forming material, stable isotopic composition, ore prospecting, gold deposit, Eastern Kunlun



[第一作者简介]

张拴宏(1974年-),男,1997年毕业于西安地质学院资源与材料工程系地质矿产勘查专业,获工学学 士学位,2000年在中国地质科学院研究生部,获构造地质专业硕士学位,目前主要从事矿田构造、构造应力 场及矿床地质等方面的研究工作。

通讯地址:北京市海淀区民族学院南路 11 号 中国地质科学院地质力学研究所 邮政编码:100081

有色金属矿产地质调查中心在京成立

本刊讯 2001 年 7 月 11 日,中央机构编制委员会办公室以中编办字[2001]93 号文,同意中国有 色金属工业总公司地质勘查总局和地质资料馆合并,并更名为有色金属矿产地质调查中心,原批 78 名 事业编制不变。

根据国务院国发[2000]17 号文件精神,中国有色金属工业总公司地质总局所属 19 个地质勘查局 已全部属地化管理。但有色地质总局机关及所属的规划处、物化探中心、遥感中心、测绘中心和中国有 色金属工业总公司地质资料馆等单位未划归地方管理。在国家经贸委所管国家局机构改革前,原国家 有色金属工业局将地质总局机关及所属规划处、物化探中心、遥感地质中心、测绘中心并入中国有色金 属工业总公司地质资料馆。

中国有色金属工业总公司地质资料馆是由中国有色金属工业总公司批准成立的事业单位,于1985 年4月批准正式办公,地址设在河北省三河市燕郊。人事部1993年批准的事业编制为78人。其主要 职责是收集、汇总、保存有色系统的地质科技成果,提供地质找矿勘探的资料和信息,组织对矿山建设的 规划和地质报告的审查,收集各种岩石、矿物标本等。

新成立的有色金属地质调查中心的宗旨是掌握有色金属矿产资源与地质勘查信息,服务政府与社 会;开展有色金属矿产地质与科研,促进有色金属工业发展。其业务范围是:(1)从事有色金属矿产地质 勘查与科研工作;(2)从事国家地质局调查工作;(3)负责收集、保管、研究全国有色金属矿产资源与地质 资料;(4)负责归口管理有色地勘单位承担的国家地质调查工作;(5)为社会提供有色金属矿产资源与地 质勘查方面的技术信息咨询服务;(6)为政府有关部门制订全国有色金属矿产资源和地质勘查规划及政 策,提供技术信息咨询服务。

据悉,国土资源部正在会同有关部门,开展组建地质"野战军'的工作。根据国家有关部门的批复与指示精神,新成立的有色金属矿产地质调查中心将作为有色地质"野战军'的核心和牵头单位,对有色金属矿 产资源的战略调查、有色金属矿山资源的接替和我国有色金属工业可持续发展具有十分重要的作用。